

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kyoji YAMASHITA

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:
#2

FILED: Herewith

FOR: DEFECT INSPECTION APPARATUS AND METHOD

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

JC978 U.S. PTO
09/960355
09/24/01



SIR:

- Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

| <u>COUNTRY</u> | <u>APPLICATION NUMBER</u> | <u>MONTH/DAY/YEAR</u> |
|----------------|---------------------------|-----------------------|
| Japan | P2000-297430 | 09/28/2000 |

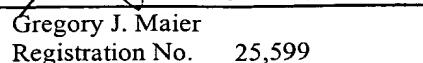
Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- are submitted herewith
- will be submitted prior to payment of the Final Fee
- were filed in prior application Serial No. filed
- were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- (B) Application Serial No.(s)
 - are submitted herewith
 - will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

 Gregory J. Maier
Registration No. 25,599


 Robert C. Mattson
Registration No. 42,850
**22850**Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

日本特許

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類は記載されてない事項は下記の出願書類に記載されてます。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2000年 9月28日

出願番号
Application Number:

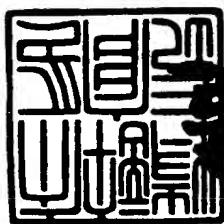
特願2000-297430

株式会社東芝

出願人
Applicant(s):



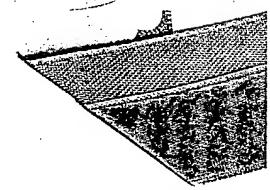
出願番号 特願2001-3050974



株式会社

2001年 5月31日

Commissioner,
Japan Patent Office



【書類名】 特許願
 【整理番号】 13B0030371
 【提出日】 平成12年 9月28日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 G01N 27/84
 G01N 21/91
 【発明の名称】 欠陥検査装置及び欠陥検査方法
 【請求項の数】 6
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝
 研究開発センター内
 【氏名】 山下 恭司
 【特許出願人】
 【識別番号】 000003078
 【氏名又は名称】 株式会社 東芝
 【代理人】
 【識別番号】 100081732
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 大胡 典夫
 【選任した代理人】
 【識別番号】 100075683
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 竹花 喜久男
 【選任した代理人】
 【識別番号】 100084515
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 宇治 弘
 【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 009427

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001435

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 欠陥検査装置及び欠陥検査方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

パターンを具備する検査基板上のパターンを光学的に読み取り、電気的な画像情報である検出画像データに変換し、前記検査基板の設計データからシミュレーションによって光学画像を求め参照データとし、前記検出画像データと前記参照データとを比較することによって欠陥検査をする欠陥検査装置において、

前記設計データから2値又は多値の展開データを発生させ、前記検査基板の複素透過率分布又は複素反射率分布を求める第1の処理手段と、

前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布から光学像として前記参照データを計算する第2の処理手段と、

前記検出画像データと前記参照データを比較する比較手段とを具備することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項2】

前記パターンが多層パターンであって、前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布を求める前記第1の処理手段は、前記多層パターンの層毎の設計データを展開し、前記展開データと複素振幅透過率又は複素振幅反射率を掛け合わせて加えたものを前記複素振幅透過率分布又は前記複素振幅反射率分布とすることを特徴とする請求項1記載の欠陥検査装置。

【請求項3】

前記複素係数有限応答フィルターを通した後、前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布の共役複素数とを掛けることにより前記参照データを計算することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査装置。

【請求項4】

パターンを具備する検査基板上のパターンを光学的に読み取り、電気的な画像情報である検出画像データに変換し、前記検査基板の設計データからシミュレーションによって光学画像を求め参照データとし、前記検出画像データと前記参照データとを比較することによって欠陥検査をする欠陥検査方法において、

前記設計データから2値又は多値の展開データを発生させ、前記検査基板の複素透過率分布又は複素反射率分布を求める第1の処理と、

前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布を複素係数有限応答フィルターに通して前記参照データを計算する第2の処理と、

前記検出画像データと前記参照データを比較する比較処理とを具備することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項5】

前記パターンが多層パターンであって、前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布を求める前記第1の処理は、前記多層パターンの層毎の設計データを展開し、前記展開データと複素振幅透過率又は複素振幅反射率を掛け合わせて加えたものを前記複素振幅透過率分布又は前記複素振幅反射率分布とすることを特徴とする請求項4記載の欠陥検査方法。

【請求項6】

前記複素係数有限応答フィルターを通した後、前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布の共役複素数とを掛けることにより前記参照データを計算することを特徴とする請求項4記載の欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フォトマスク、レティクル、液晶パネル、プリント基板等のパターンを有する基板の欠陥を検出するための欠陥検査装置及び欠陥検査方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子の回路パターンは、複数の原画パターンを有するフォトマスクを用いて、露光装置により半導体基板上に転写することによって形成される。近年半導体素子における回路パターンはますます微細化され、フォトマスクにおいてもさらなる微細化が求められている。

【0003】

このようなフォトマスクにピンドットやピンホールのような欠陥が存在してしまえば、露光する回路パターンの寸法等に多大な影響を与えデバイス性能を著しく劣化させたり製品歩留まりを低下させたりする問題が生じる。

【0004】

そこでフォトマスク作成段階において、欠陥を100%検出し修正する必要がある。そのためにはフォトマスク作成後に、原画パターン上の欠陥を検出するための欠陥検査装置が必要になる。

【0005】

前述したように近年のフォトマスクのパターンもますます微細化しており、1GDRAM用のフォトマスクでは、検出すべき欠陥サイズが100nmという微小なものになっている。

【0006】

また、検出すべき欠陥はサイズだけの問題に留まらず、位相シフトマスクや光近接効果補正マスク等の超解像技術によるマスクに対応して、高感度な欠陥検査を行う必要が叫ばれてきている。

【0007】

例えば、位相シフトマスクは、吸収体としてモリブデンシリサイド(MoSi)等のハーフトーンを用いたものや、石英ガラスを掘り込んで形成したレベンソンマスクが実用化されている。いずれも光の振幅と位相を適切に制御したマスクを用いることにより光リソグラフィーで問題となる露光光量と焦点深度のマージンを向上するものである。

【0008】

また、光近接効果補正マスクは、パターンの疎密に応じて変動する線幅を所望値にするために、マスク上のパターン寸法に、露光によって変動する線幅に対応する線幅(補助パターン)を加減することにより、ウエハ上のパターン寸法を均一になるように制御するものである。

【0009】

このような位相シフトマスクや光近接効果補正マスクを検査する従来の欠陥検査装置は、フォトマスク上のパターンをXYステージで走査しながら、光を照射

し、撮像されたフォトマスクの光学像（検出画像データ）と基準となるべき参照データとを逐一比較して、その不一致箇所を欠陥として検出していた。

【0010】

比較方法としては、同一のパターンを形成した無欠陥の参照用フォトマスクの光学像を参照データとして、これと検査用フォトマスクの検出画像データを比較するダイツーダイ比較法と、回路パターンの設計データから展開した展開データを参照データとして、これと検査用フォトマスクの検出画像データを比較するダイツーデータベース比較法とがある。

【0011】

ダイツーダイ方式は、検査用フォトマスク領域と参照用フォトマスク領域の検出画像データを比較するため、比較するパターンに共通する欠陥を見逃す恐れがある。また、ダイツーデータ方式は設計データと比較するため、確実な欠陥検査が可能であるが、感度を高くするには設計データから展開し発生する参照データを、実際に検出用光をマスクに照射したときに結像する光学像とより正確に一致させる必要がある。

【0012】

フォトマスクの設計データからシミュレートして、実際の光学像と一致させるように、より正確に計算するためには、従来は、光学系をシミュレートする有限応答フィルター演算等の画像処理技術を用いていた。

【0013】

しかしながら、位相シフトマスクや近接効果補正マスク等の超解像度技術を用いたマスクでは、上記画像処理技術を用いても正確な光学像を求めることが困難になりつつある。

【0014】

例えば、位相シフトマスクの場合、従来の方法では、光の位相差による干渉を考慮していないため、これによってシミュレートされた参照データでは、実際の光学像と合わなくなってきてている。また光近接効果補正マスクでは、補助パターンの最小寸法が光リソグラフィーの微細化のトレンドに比し一挙に四分の一にもなるため、このような微細パターンを従来の画像処理技術では再現できなくなつ

てきている。

【0015】

さらに、検査用基板を撮像するための光学系の主要部材である対物レンズ等も製造や組み立てによる収差が無視できなくなってきており、光の収差を考慮に入れない従来の画像処理技術では、実際の光学像をシミュレーションによって正確に求めることが困難となっている。

【0016】

従って、本来正確な欠陥検査が可能であったダイツーデータベース方式において、無欠陥のパターン（設計データそのもの）に対応する参照データ用光学像をシミュレートすることが困難で、従来の画像処理技術により得られた参照データでは、本来欠陥ではない部分さえも欠陥と誤認してしまうという問題が生じてきている。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、従来の欠陥検査装置では、位相シフトマスクや光近接効果補正マスク等の超解像技術を用いたマスクを撮像したときの光学像を、設計データからシミュレートして参照データとする場合、正確な光学像をシミュレートできないという問題がある。

【0018】

本発明は、上記問題に鑑みて成されたたもので、超解像技術を用いたマスクにおいても、設計データから正確な光学像をシミュレートし参照データとして誤認のない欠陥検査装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第1の発明は、パターンを具備する検査基板上のパターンを光学的に読み取り、電気的な画像情報である検出画像データに変換し、一方、前記検査基板の設計データからシミュレーションによって光学画像を求め参照データとし、前記検出画像データと前記参照データとを比較することによって欠陥検査をする欠陥検査装置において、

前記設計データから2値又は多値の展開データを発生させ、前記検査基板の複素透過率分布又は複素反射率分布を求める第1の処理手段と、

前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布を光学像として前記参照データを計算する第2の処理手段と、

前記検出画像データと前記参照データを比較する比較手段とを具備することを特徴とする欠陥検査装置を提供する。

【0020】

また、第2の発明は、パターンを具備する検査基板上のパターンを光学的に読み取り、電気的な画像情報である検出画像データに変換し、前記検査基板の設計データからシミュレーションによって光学画像を求め参照データとし、前記検出画像データと前記参照データとを比較することによって欠陥検査をする欠陥検査方法において、

前記設計データから2値又は多値の展開データを発生させ、前記検査基板の複素透過率分布又は複素反射率分布を求める第1の処理と、

前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布を複素係数有限応答フィルターを通して前記参照データを計算する第2の処理と、

前記検出画像データと前記参照データを比較する比較処理とを具備することを特徴とする欠陥検査方法を提供する。

【0021】

第1或いは第2の発明において、前記パターンが多層パターンであって、前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布を求める前記第1の処理は、前記多層パターンの層毎の設計データを展開し、前記展開データと複素振幅透過率又は複素振幅反射率を掛け合わせて加えたものを前記複素振幅透過率分布又は前記複素振幅反射率分布とすることが好ましい。

【0022】

また、第1或いは第2の発明において、前記複素係数有限応答フィルターを通して後、前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布の共役複素数とを掛けることにより前記参照データを計算することが好ましい。

【0023】

本発明では、部分コヒーレント結像モデルに一部近似計算を取り入れることにより、実用的な計算速度で、設計データから実際の光学像（欠陥のないマスクを撮像したときの検出画像データ）をシミュレートし参照データを求めることができる。

【0024】

このとき、光学的照明条件（検査装置の光源の波長、対物レンズの開口数（N A）、照明絞り、デフォーカス等）、レンズ収差（球面、非点、コマ等）、マスクに形成された光吸收体の物性（透過率、反射率、位相差等）などに応じて、参照データを高精度で計算することが可能となる。

【0025】

さらに、多層の回路パターンであるトライトーンマスク（クロム層とハーフトーン層の混在マスク）や位相シフトマスクであるレベンソンマスクのダイツーデータベース比較検査も可能となる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の好ましい実施形態について説明する。

【0027】

図1に、本発明による欠陥検査装置の概念図を示す。

【0028】

フォトマスクやレティクル、液晶表示パネル等の多層パターンを有する検査基板（試料）30を、欠陥検査装置のXYステージ31上に真空吸着させて設置する。水銀ランプ等の光源32から照射された光は折曲ミラー34にて折り曲げられ検査基板30上に照射されている。コンデンサレンズ33は光源32から照射された光を検査基板30上に均一に照明するためのものである。また、対物レンズ35は検査基板30上のパターンを通った光をCCDセンサ36の撮像面上に結像するためのものである。

【0029】

このとき、光学的な分解能は、光源32の波長が短いほど、また対物レンズ35の開口数（N A）が大きいほど向上する。

【0030】

次に、検査基板30の光学像がCCDセンサ36の撮像面上に結像され、CCDセンサ36によって電気的な画像情報として読み取られた情報がデータAD変換器37によってデジタル化し検出画像データとして、次に説明する参照データとの比較装置に入力する。

【0031】

図2は、本発明の欠陥検査におけるデータの処理方法を説明するブロック図である。

【0032】

図1のAD変換器37から出力された検出画像データは図2の検出画像データ入力手段1に入力され一時的に保持される。このとき同時に設計データが複素振幅透過率分布（又は複素振幅反射率分布）を求める手段2に入力され、この部分で、多層パターンの各層の設計データから2値又は多値の展開データを発生させ、検査基板の複素振幅透過率分布（又は複素振幅反射率分布）を計算する。この処理によって計算された複素振幅透過率分布（又は複素振幅反射率分布）は参照データを計算する手段3に入力され、比較対象である参照データを求める。そしてこの参照データと、検出画像データ入力手段1から出力された検出画像データとは、比較手段4にて比較されて欠陥を検査する。

【0033】

以下に、複素振幅透過率分布手段2及び参照データを計算する手段3の処理について説明する。複素振幅反射率分布の場合も以下の説明において物性値を複素振幅反射率にして同様に求めることができるので省略する。

【0034】

先ず、設計データから検出画像データの画素単位の面積マップを展開する。面積マップは、回路パターンが検出画像の画素に占める割合を2値又は多値の階調により求める。

【0035】

このとき、クロムマスクや单層の位相シフトマスクの場合は、一層の設計データを展開する。单層マスクのガラス基板の透過率を1.0、吸収体の強度透過率

を t^2 、位相差を ϕ 、 $i = \sqrt{-1}$ とすると、吸収体の複素振幅透過率は $t \cdot \exp(i\phi)$ となる。このときマスクの面積マップを $0 \leq E(m, n) \leq 1$ とする
と、複素振幅透過率分布は

$$F(m, n) = 1.0 \cdot E(m, n) + t \cdot \exp(i\phi) \cdot (1 - E(m, n))$$

で表わされる。

【0036】

また、トライトーンマスクやレベンソンマスクなどの多層マスクでは、各層の設計データから検出画像データの画素単位の面積マップを展開する。同様に面積マップは、回路パターンが検出画像の画素に占める割合を2値又は多値の階調により求める。

【0037】

トライトーンマスクの場合、ガラス基板の透過率を1.0、吸収体の強度透過率を t^2 、位相差を ϕ 、 $i = \sqrt{-1}$ とすると、吸収体の複素振幅透過率は、 $t \cdot \exp(i\phi)$ となる。このときマスクの面積マップを $0 \leq (m, n) \leq 1$ 、ハーフトーンパターンの面積マップを $0 \leq E'(m, n) \leq 1$ とすると、複素振幅透過率分布は

$$F(m, n) = 1.0 \cdot E(m, n) + t \cdot \exp(i\phi) \cdot E'(m, n)$$

で表わされる。

【0038】

レベンソンマスクの場合、ガラス基板の透過率を1.0、吸収体の強度透過率を t^2 、シフターの位相差を ϕ 、 $i = \sqrt{-1}$ とすると、吸収体の複素振幅透過率は、 $t \cdot \exp(i\phi)$ となる。このときマスクの面積マップを $0 \leq (m, n) \leq 1$ 、シフターパターンの面積マップを $0 \leq E'(m, n) \leq 1$ とすると、複素振幅透過率分布は

$$F(m, n) = 1.0 \cdot E(m, n) + 1.0 \cdot \exp(i\phi) \cdot E'(m, n)$$

で表わされる。

【0039】

以上より、

$$F(m, n) = 1.0 \cdot E(m, n) + t \cdot \exp(i\phi) \cdot E'(m, n)$$

によって以上の3つのマスクについて、複素振幅透過率分布を求めることができる。

【0040】

次に、このようにして求められた複素振幅透過率分布を、参照データを計算する手段3に入力する。

【0041】

以下に、この参照データを計算する処理について説明する。

【0042】

光を照射した場合の像強度分布を $I(x_i, y_i)$ とすると、以下の式(1)で表される。このとき、 $B_0(x, y)$ は位相コヒーレント係数、 $K(x, y)$ は点光源の像、 $F(x, y)$ は物体の複素振幅透過率分布である。位相コヒーレント係数 $B_0(x, y)$ は式(2)で、点光源の像 $K(x, y)$ は式(3)で表す。また、 R^* は R の共役複素数である。

【数1】

$$I(x_i, y_i) = \iiint B_0(x_0 - x'_0, y_0 - y'_0) F(x_0, y_0) F^*(x'_0, y'_0) K(x_i - x'_0, y_i - y'_0) K^*(x_i - x'_0, y_i - y'_0) dx_0 dy_0 dx'_0 dy'_0 \quad (1)$$

【数2】

$$B_0(x, y) = 2J_1(u)/u, \quad u \equiv 2\pi\sigma\sqrt{x'^2 + y'^2} \quad (2)$$

σ はコンデンサレンズの開口数 NA_c と対物レンズの開口数 NA_o の比 NA_c/NA_o 、 λ は光源の波長、 $J_1(x)$ は一次のベッセル関数である。 $x' = NA_o x / \lambda$ 、 $y' = NA_o y / \lambda$ と正規化している。

【数3】

$$K(x, y) = \exp(-i2\pi \frac{z'}{NA_o^2}) \cdot \iint \exp[i2\pi \{\xi x' + \eta y' + 0.5z' \cdot (\xi^2 + \eta^2) + W(\xi, \eta)\}] d\xi d\eta \quad (3)$$

ここで NA_o は対物レンズの開口数、 λ は光源の波長、 $x' = NA_o x / \lambda$ 、 $y' = NA_o y / \lambda$ 、 $z' = NA_o z / \lambda$ と同様に正規化している。 $i = \sqrt{-1}$ 、 z はデフォーカス、 $W(\xi, \eta)$ はレンズの波面収差である。

【0043】

次に、式(1)を検出する画素のピッチ間隔で離散化すると式(4)を得る。

【数4】

$$I(m, n) = \sum \sum \sum \sum B_0(m_0 - m'_0, n_0 - n'_0) F(m_0, n_0) F^*(m'_0, n'_0) \\ \cdot K(m - m_0, n - n_0) K^*(m - m'_0, n - n'_0) \quad (4)$$

ここで、 $K(m, n)$ と $B_0(m, n)$ はいずれも原点で大きい値をとるが、原点から遠ざかるにつれて振動しながら急激に小さくなるので、式(4)の像強度分布 $I(m, n)$ を式(5)で近似することができる。

【数5】

$$I(m, n) = B_0(0, 0) \cdot \{|K(m, n)|^2 * |F(m, n)|^2\} \\ + 2 \cdot \text{Re}[F^*(m, n) \cdot K^*(0, 0) \cdot \{(B_0(m, n) \cdot K(m, n))^o * F(m, n)\}] \quad (5)$$

第1項は $(m_0 - m'_0, n_0 - n'_0) = (0, 0)$ の場合、第2項は $(m_0 - m'_0, n_0 - n'_0) \neq (0, 0)$ かつ $(m - m_0, n - n_0) = (0, 0)$ または $(m_0 - m'_0, n_0 - n'_0) \neq (0, 0)$ かつ $(m - m'_0, n - n'_0) = (0, 0)$ が成り立つ場合を示している。ここで * は畳み込み積分を示す。つまり、 $f(m, n) * g(m, n) = \sum \sum f(m - m_0, n - n_0) \cdot g(m_0, n_0)$ となる。

【0044】

また、式(4)は式(6)にまとめられ像強度分布 $I(m, n)$ は、複素係数にて表わされる。このとき $P(m, n)$ は実係数からなる有限応答フィルターで、 $Q(m, n)$ は複素係数からなる有限応答フィルターである。

【数6】

$$I(m, n) = P(m, n) * |F(m, n)|^2 + \operatorname{Re}[F^*(m, n)\{Q(m, n) * F(m, n)\}] \quad (6)$$

ここで $\operatorname{Re}[X]$ は複素数 X の実部を表わし、

$$\begin{aligned} P(m, n) &= B_0(0, 0) + |K(m, n)|^2 \\ Q(m, n) &= 0 \quad (m, n) = (0, 0) \text{ の場合} \\ &= 2 K^*(0, 0) \cdot B_0(m, n) \cdot K(m, n) \text{ その他の場合} \end{aligned}$$

【0045】

また、複素係数有限フィルター $Q(m, n) = Q_r(m, n) + i Q_i(m, n)$, $F(m, n) = F_r(m, n) + i F_i(m, n)$ と置くと、式 (6) から式 (7) が得られる。

【数7】

$$\begin{aligned} I(m, n) &= P(m, n) * \{F_r(m, n)^2 + F_i(m, n)^2\} \\ &+ F_r(m, n)\{Q_r(m, n) * F_r(m, n) - Q_i(m, n) * F_i(m, n)\} \\ &+ F_i(m, n)\{Q_r(m, n) * F_i(m, n) + Q_i(m, n) * F_r(m, n)\} \end{aligned} \quad (7)$$

式 (7) から分かるように、複素係数有限応答フィルター $Q(m, n)$ を上述のように置くと、像強度分布 $I(m, n)$ は、 $F_r(m, n) Q_r(m, n) * F_r(m, n)$ 、 $F_r(m, n) Q_i(m, n) * F_i(m, n)$ 、 $F_i(m, n) Q_r(m, n) * F_i(m, n)$ 、 $F_i(m, n) Q_i(m, n) * F_r(m, n)$ 及び $P(m, n) * \{F_r(m, n)^2 + Q_r(m, n)^2\}$ の 5 つの実部で計算でき、これによって設計データから実際の光学像としての参照データを求めることができる。

【0046】

図 3 に、上記した複素係数有限応答フィルターを、以上 5 つの実部を求める計算方法によって求め、参照データ（像強度分布 $I(m, n)$ ）を計算した実際の

処理方法について説明する。

【0047】

この例ではクロムマスクと位相シフトマスクの混在型マスクの設計データから参照データを計算した例である。第1層はガラスパターン、第2層は位相シフトマスクのパターンを示している。ただし設計データ上で両方のパターンに重なりが生じる場合はこれを除いておく。

【0048】

位相シフトマスクの複素振幅透過率を前述したように $t \cdot \exp(i\phi)$ とすると、係数保持手段13に係数1として $t \cdot \cos(\phi)$ に相当する値を、係数保持手段14に係数2として $t \cdot \sin(\phi)$ に相当する値を予め設定しておく。

【0049】

図3に示すように、それぞれ第1層の展開データがレジスター10に入力され、第2層の展開データがレジスター9に入力され保持される。次に、第2層の展開データは、乗算器100に入力され係数保持手段13から出力された係数1と乗算され加算器11に入力される。また同時に加算器11には第1の展開データが入力されて、第2の展開データと係数1との乗算結果に加算される。こうして複素振幅透過率の実部 F_r が得られ、レジスター103に入力される。

【0050】

一方、乗算器101に出力された第2層の展開データは、係数保持手段14から出力された係数2と乗算されることにより、複素振幅透過率の虚部 F_i が得られ、レジスター104に入力される。

【0051】

次に、レジスター103から出力された複素振幅透過率の実部 F_r データはラインバッファー20に、レジスター104から出力された複素振幅透過率の虚部 F_i データはラインバッファー21に入力しておき、有限応答フィルターの大きさに応じて同時に像強度演算器15に入力する。この像強度演算器15では、複素振幅透過率の実部 F_r データ及び虚部 F_i データから、 $F_r^2 + F_i^2$ を求め、これをデータ保持部105に出力する。

【0052】

また、ラインバッファー20から出力された複素振幅透過率の実部 F_r データはレジスター106に入力され、ラインバッファー21から出力された複素振幅透過率の虚部 F_i データはレジスター107に入力されそれぞれ保持する。

【0053】

次に、レジスター105から出力された $F_r^2 + F_i^2$ データは有限応答フィルター16に入力され、実数係数の有限応答フィルターPと畳み込み積分し、その結果である $P * (F_r^2 + F_i^2)$ データ（式（7）の第1項）をレジスター108に出力する。*は畳み込み積分を表わしている。

【0054】

また、レジスター106から出力された複素振幅透過率の実部 F_r データは複素線形応答フィルター27に入力され、 Q_r を畳み込み積分し減算器17に出力される。レジスター107から出力された複素振幅透過率の虚部 F_i データは複素線形応答フィルター29に入力され、 Q_i を畳み込み積分し減算器17に出力される。減算器17の減算結果である $F_r * Q_r - F_i * Q_i$ データは乗算器11に出力され、遅延回路18を介して出力された複素振幅透過率の実部 F_r データと乗算される。この乗算結果である $F_r (F_r * Q_r - F_i * Q_i)$ データ（式（7）の第2項）は、レジスター109に入力され保持される。

【0055】

レジスター106から出力された複素振幅透過率の実部 F_r データは複素線形応答フィルター28に入力され、 Q_i を畳み込み積分し減算器19に出力される。レジスター107から出力された複素振幅透過率の虚部 F_i データは複素線形応答フィルター30に入力され、 Q_r を畳み込み積分し加算器19に出力される。加算器19の加算結果である $F_r * Q_i + F_i * Q_r$ データは乗算器112に出力され、遅延回路18を介して出力された複素振幅透過率の虚部 F_i データと乗算される。この乗算結果である $F_i (F_r * Q_i + F_i * Q_r)$ データ（式（7）の第3項）は、レジスター110に入力され保持される。

【0056】

以上のように、複素線形応答フィルター27、28、29、30による処理の

演算結果は実部が $Q_r * F_r - Q_i * F_i$ で、虚部が $F_r * Q_i + F_i * Q_r$ で与えられるが、これらにそれぞれ F_r 、 F_i が乗算されて実部出力となる。

【0057】

さらに、レジスター109及びレジスター110に保持されているデータ（式（7）の第2項及び第3項）は加算器26にて加算され、レジスター108に保持されているデータ（式（7）の第1項）と、加算器25にて加算されてその結果である像強度分布（式（7）の左辺）が参照データとして出力される。

【0058】

こうして得られた参照データは、図2に示す比較手段4に入力されて、検出画像データと比較されることになる。

【0059】

図4に、このようにして求められた参照データの像強度を示す。図4中（a）（c）は明視野の光学像を示し、（b）（d）は暗視野の光学像を示す。また図4中（a）（b）はクロムマスクの光学像を示し、（c）（d）は位相シフトマスクの光学像を示す。

【0060】

本発明のように、複素係数有限応答フィルターを用いて光の位相を考慮した計算によって光学像を求めるとき、従来正確に表現することが困難であった明視野と暗視野での像プロファイルの違いや、クロムマスクと位相シフトマスクの像プロファイルの違いがよく表現されていることが分かる。

【0061】

このように、本発明によれば実際に光を照射して撮像した検査基板の光学像とよく一致する参照データを、シミュレーションにより求めることが可能となり、検査装置のご認識が生じずダイツーデータ方式の精度をより向上させることができとなる。

【0062】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、超解像技術を用いたマスクにおいても、設計データから正確な光学像をシミュレーションできるので、参照データとして用

いても、誤認のない欠陥検査装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の欠陥検査装置の概略図。

【図2】 本発明の欠陥検査装置におけるデータの処理方法を説明するブロック図。

【図3】 本発明の欠陥検査装置における参照データの計算方法を示すブロック図。

【図4】 本発明の参照データのシミュレーションにより得られた像強度を示す図であり、(a)は明視野のクロムマスクの光学像、(b)は暗視野のクロムマスクの光学像、(c)は明視野の位相シフトマスクの光学像、(d)は暗視野の位相シフトマスクの光学像。

【符号の説明】

9、10、103、104、105、106、107、108、109、110

・・・レジスター

13、14・・・係数保持手段

100、101、111、112・・・乗算器

11、19、26、25・・・加算器

17・・・減算器

20、21・・・ラインバッファー

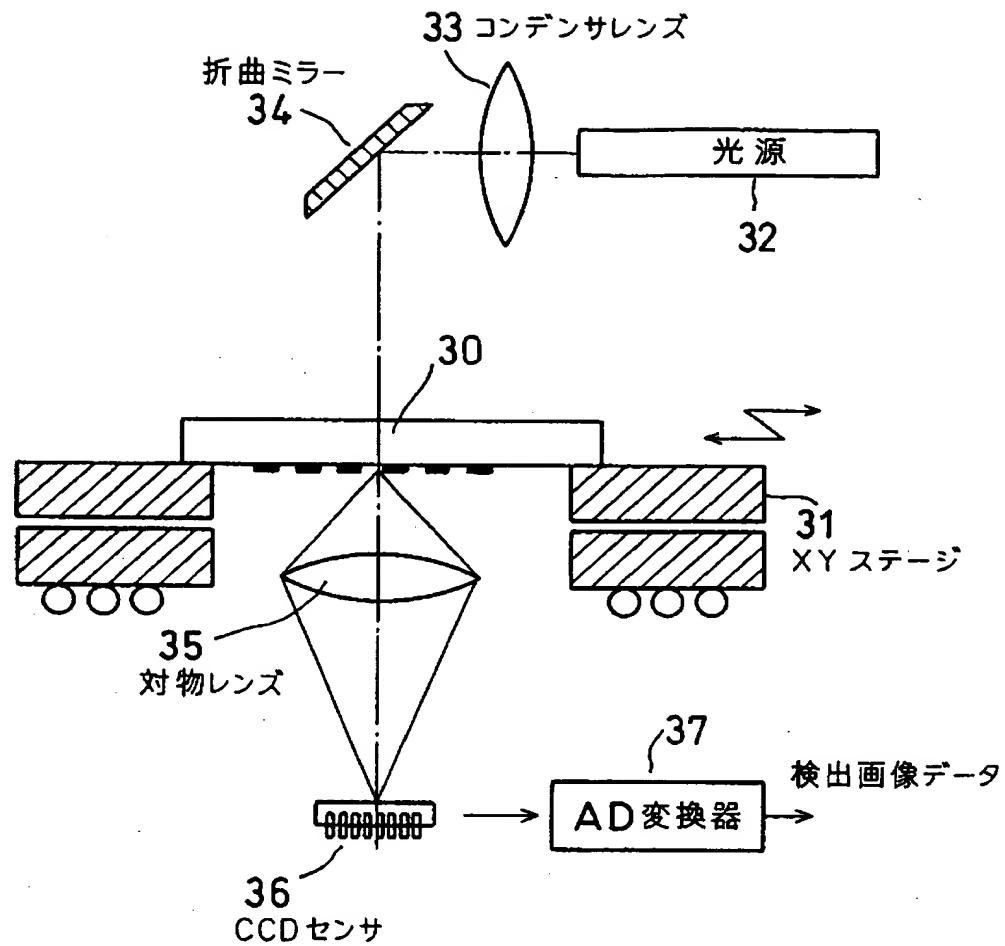
15・・・像強度演算器

16・・・有限応答フィルター

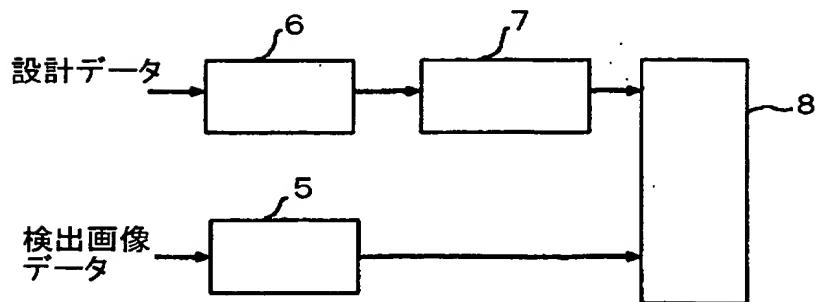
18・・・遅延回路

【書類名】 図面

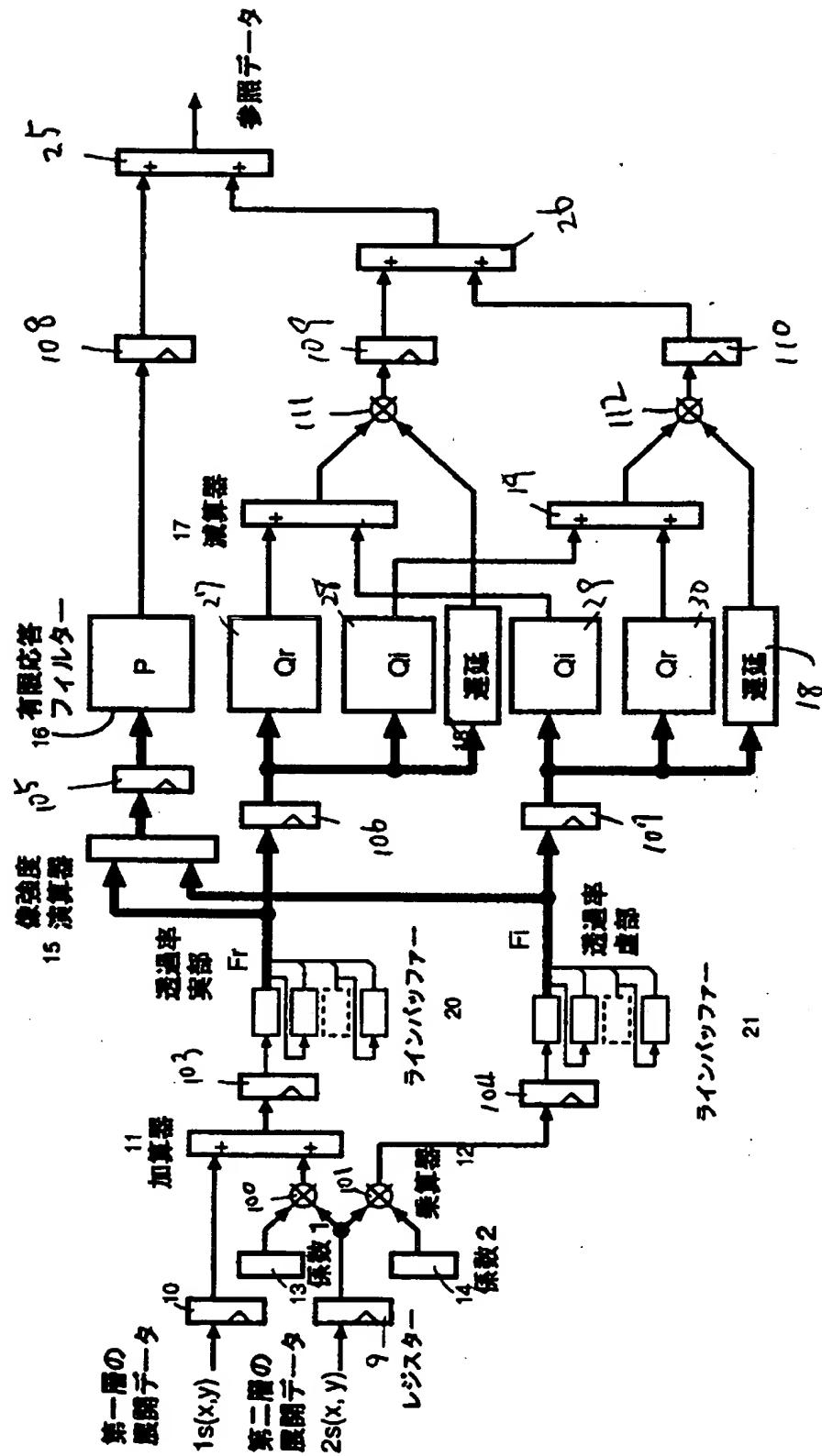
【図1】



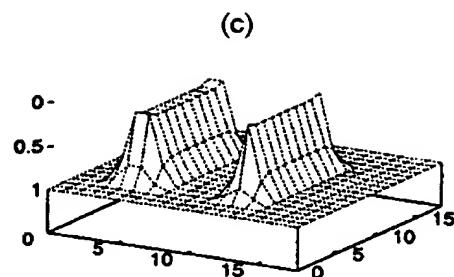
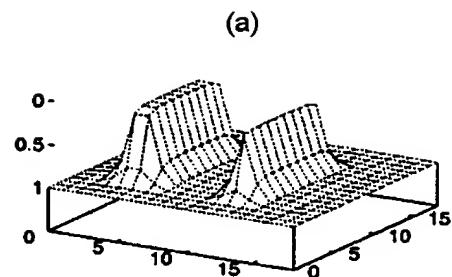
【図2】



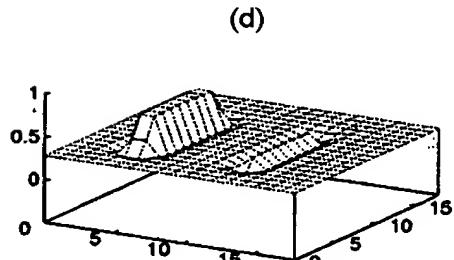
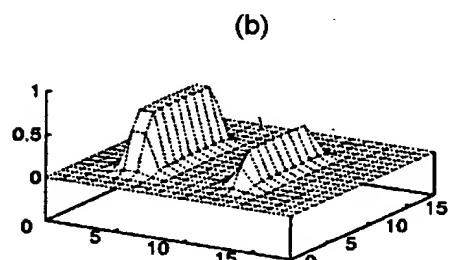
【図3】



【図4】



明視野



暗視野

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

位相シフトマスク等超解像技術を用いたマスクにおいても、設計データから正確な光学像をシミュレーションし参照データとして用い、誤認のない欠陥検査装置を提供することを目的とする。

【解決手段】

パターンを具備する検査基板上のパターンを光学的に読み取り、電気的な画像情報である検出画像データに変換し、前記検査基板の設計データからシミュレーションによって光学画像を求め参照データとし、前記検出画像データと前記参照データとを比較することによって欠陥検査をする欠陥検査装置において、

前記設計データから2値又は多値の展開データを発生させ、前記検査基板の複素透過率分布又は複素反射率分布を求める第1の処理手段と、前記複素透過率分布又は前記複素反射率分布から光学像として前記参照データを計算する第2の処理手段と、前記検出画像データと前記参照データを比較する比較手段とを具備することを特徴とする欠陥検査装置。

【選択図】 図3

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名 株式会社東芝